

003716562

WPI Acc No: 1983-712753/ 198329

Coupler for divergent light source and optical fibre - has tapered insert with exit face larger than fibre to permit increased connection tolerance

Patent Assignee: THOMSON CSF (CSFC )

Inventor: CARBALLE J C; COMBEMALE Y; D'AURIA L; MAILLOT P; MORONVALLE C; RICHIN P; SIMON J

Number of Countries: 006 Number of Patents: 005

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 83527	A	19830713			198329	B
FR 2519433	A	19830708			198332	
NO 8204425	A	19830725			198336	
EP 83527	B	19860416			198616	
DE 3270690	G	19860522			198622	

Priority Applications (No Type Date): FR 8124562 A 19811231

Cited Patents: DE 2554705; DE 2805358; FR 1301972; FR 1543165; FR 2178173; EP 14610

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

EP 83527	A	F	14		
----------	---	---	----	--	--

Designated States (Regional): DE IT NL SE

EP 83527 B F

Designated States (Regional): DE IT NL SE

Abstract (Basic): EP 83527 A

The source (e.g. LED) (1) and fibre (2) are coupled by a cylindro-conical component (3) whose smaller plane face is positioned opposite the exit face of the source (1), which is of comparable size. The source (1) and cone (3) are fixed to a positioning base so as to form a light-emitting assembly.

The plane exit face of the cylinder (3) is larger than the entry face of the fibre (2) positioned opposite to it, allowing wider connection tolerances. The walls of the cone may be treated to increase their reflectivity. The coupling simplifies the connection between the LED and fibre which need not be exactly coaxial, and makes for stability of transmission over a wide range of temps.

8/10

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: 82402344.4

51 Int. Cl.<sup>2</sup>: **G 02 B 7/26**

22 Date de dépôt: 21.12.82

30 Priorité: 31.12.81 FR 8124562

71 Demandeur: **THOMSON-CSF, 173, Boulevard Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**

43 Date de publication de la demande: 13.07.83  
Bulletin 83/28

72 Inventeur: **Richin, Philippe, THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**  
Inventeur: **Carballes, Jean-Claude, THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**  
Inventeur: **Combemale, Yves, THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**  
Inventeur: **d'Auria, Luigi, THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**  
Inventeur: **Maillet, Philippe, THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**  
Inventeur: **Moronvalle, Chantal, THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**  
Inventeur: **Simon, Jacques, THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**

84 Etats contractants désignés: **DE IT NL SE**

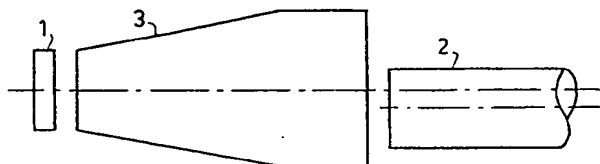
74 Mandataire: **Lepercque, Jean et al, THOMSON-CSF SCPI 173, Bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)**

54 **Dispositif de couplage entre une source lumineuse à rayonnement divergent et une fibre optique.**

57 La présente invention concerne un dispositif de couplage entre une source lumineuse, notamment une diode électroluminescente, et une fibre.

Le dispositif comprend un composant optique intermédiaire de forme conique (3) dont les faces sont couplées avec d'une part la face de sortie de la source (1), et d'autre part la face d'entrée de la fibre (2). Le diamètre de la face de sortie du cône (3) est supérieur au diamètre de la face d'entrée de la fibre (2).

Application aux télécommunications optiques.



DISPOSITIF DE COUPLAGE ENTRE UNE SOURCE LUMINEUSE A  
RAYONNEMENT DIVERGENT ET UNE FIBRE OPTIQUE

L'invention concerne un dispositif de couplage entre une source de lumière émettant un rayonnement divergent et une fibre optique.

Le problème du couplage entre une source à rayonnement divergent et une fibre optique a été étudié dans le but d'augmenter la fraction de  
5 rayonnement captée par la fibre. Le couplage direct, dans lequel la source et la fibre sont simplement placés face à face sans élément optique intermédiaire, a une certaine efficacité qui peut être accrue et le dispositif de couplage selon l'invention permet d'accroître les tolérances de connexion entre la source et la fibre.

10 A la suite du développement des transmissions par fibres optiques, de nombreux dispositifs directement utilisables par des non spécialistes ont été étudiés. L'un de ceux-ci est une embase émettrice : il s'agit d'un boîtier contenant une source telle que, par exemple, une diode électroluminescente, et une fibre intermédiaire munie éventuellement d'une optique de couplage  
15 assurant une liaison optique entre l'intérieur et l'extérieur du boîtier et terminée par un connecteur de sortie.

Ces micro-optiques de couplage sont destinées en général à accroître le rendement de couplage entre la source de rayonnement divergent et la fibre de transmission. Une très grande partie de celles-ci ont été optimisées  
20 pour un laser semi-conducteur et une fibre de type "télécommunication", c'est à dire typiquement avec un diamètre de coeur de 50  $\mu\text{m}$  et une ouverture numérique de 0,18. Quelques unes sont adaptées à des diodes électroluminescentes de petit diamètre, par exemple 100  $\mu\text{m}$ , et des fibres à gros diamètre de coeur, par exemple 200  $\mu\text{m}$ .

25 En général, les fibres intermédiaires sont polies, et pour obtenir de faibles pertes au couplage source/fibre intermédiaire ou fibre intermédiaire/fibre de transmission, un positionnement dynamique ou de la mécanique de haute précision sont nécessaires, or il s'agit là de procédés onéreux.

Ainsi si l'on utilise un boîtier tel que défini précédemment, contenant une source et une fibre intermédiaire, si l'on veut limiter les pertes de couplage, les tolérances de positionnement source/fibre intermédiaire et fibre intermédiaire/fibre de transmission au niveau de la connexion, sont  
5 relativement faibles. L'originalité de la demande de brevet consiste à utiliser une optique conique de diamètre de sortie supérieur au diamètre de la fibre de transmission ce qui peut permettre sans détériorer le rendement de couplage entre la source et la fibre, d'augmenter les tolérances de positionnement de cette fibre intermédiaire par rapport à la fibre de  
10 transmission, c'est à dire de simplifier le connecteur de sortie.

Le dispositif de l'invention permet ainsi d'améliorer le rendement de transmission entre la source et la fibre. Il permet surtout une simplification de la connectique entre l'embase émettrice et la fibre de transmission, et il permet, en outre, une stabilité de transmission dans une large gamme de  
15 températures jusqu'à des températures élevées. Il permet accessoirement, si le diamètre de la fibre de transmission est voisin de celui de la face de sortie de la fibre intermédiaire, d'augmenter la puissance couplée.

L'invention a pour objet un dispositif de couplage entre une source lumineuse à rayonnement divergent et une fibre optique de transmission  
20 comprenant un composant optique intermédiaire discret, caractérisé en ce que ce composant optique intermédiaire est un cône dont la face plane de plus petite surface est en regard avec la face d'émission de la source et l'autre face avec la face d'entrée de la fibre de transmission, cette source et ce cône étant fixés sur un support de positionnement pour former une  
25 embase émettrice, la surface d'émission de la source lumineuse, la surface de la face d'entrée du cône, et la surface de la face d'entrée de la fibre de transmission étant des surfaces sensiblement égales, et en ce que la surface de la face de sortie du composant optique a une valeur supérieure à celle de la surface de la face d'entrée de la fibre de transmission élargissant ainsi les  
30 tolérances à la connexion.

L'invention sera mieux comprise au moyen de la description ci-après en se référant aux figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 représente le schéma simplifié du dispositif de l'invention ;

- la figure 2 représente un aspect particulier du dispositif de l'invention ;

- les figures 3 à 7 représentent les différentes configurations possibles de couplage entre une source lumineuse et une fibre optique de transmis-

5 sion ;

- la figure 8 représente le dispositif de l'invention ;

- la figure 9 représente une courbe relative à un dispositif de l'art connu ;

- la figure 10 représente une courbe relative au dispositif de l'inven-

10 tion.

Selon l'état de l'art antérieur pour assurer le couplage source 1 - fibre 2 on a été amené à introduire, comme représenté à la figure 1, un composant optique intermédiaire 3 permettant la continuité optique entre l'intérieur et l'extérieur de l'embase.

15 Si on considère une source de surface émissive  $S_d$  et d'angle d'émission  $\Omega_d$ , et une fibre de surface de coeur  $S_{ft}$  et d'angle d'acceptance  $\Omega_{ft}$ , le produit  $S\Omega$  doit être conservé pour obtenir un couplage maximum. Or  $\Omega_d$  est grand on doit donc avoir :  $S_d < S_{ft}$  pour conserver le rapport  $S\Omega$ .

Ce composant optique intermédiaire peut être par exemple un tronc de  
20 cône qui est un élément transformateur conservant le rapport  $S\Omega$ . C'est à dire que si l'on considère en entrée les valeurs  $S_e$  surface d'entrée et  $\Omega_e$  angle d'entrée, et  $S_s$  surface de sortie et  $\Omega_s$  angle de sortie on a :  $S_e \Omega_e = S_s \Omega_s$ .

Or un tronc de cône est un adaptateur d'ouverture numérique et  
25 permet, dans certains cas, d'augmenter la puissance optique couplée dans la fibre de transmission.

Sans cône, comme illustré à la figure 3, n'est couplée dans la fibre que l'énergie émise par la source dans un cône correspondant à l'acceptance de la fibre, de plus le niveau de connectique C n'est pas parfait.

30 Avec un cône, le couplage peut être tel qu'une grande partie de l'énergie émise par la source pénètre dans le cône et en ressort avec une ouverture numérique inférieure ou égale à celle de la fibre de transmission. Si le diamètre de sortie du cône est inférieur ou égal au diamètre de la fibre, on a ainsi augmenté le couplage par rapport à la solution précédente comme illustré à la figure 7.

La source et la micro-optique conique peuvent être rendues solidaires d'un support pour former une embase émettrice.

Deux configurations de tronc de cône sont possibles : un cône aux parois comportant un traitement réfléchissant ou bien un élément de fibre optique conique. On peut par exemple dans la suite considérer un élément de fibre conique. La méthode de calcul dans les deux cas reste la même. On constate que l'angle d'incidence  $\theta$  sur l'interface coeur-gaine augmente à chaque fois d'un angle  $2\varepsilon$  à chaque réflexion, si  $\varepsilon$  est le demi angle au sommet du cône et si le rayon se propage comme à la figure 2 dans le sens d'une augmentation de diamètre du cône. L'angle d'acceptance  $\alpha$  est donc déterminé par la première réflexion. Géométriquement, on montre que

$$\frac{\pi}{2} = \theta + \alpha - \varepsilon$$

Pour une fibre d'indices  $n_c$  de coeur 5 et  $n_g$  de gaine 4 donnés, on doit avoir :

$$\theta \geq \theta_e = \text{Arcsin} \frac{n_g}{n_c}$$

Soit, à la limite :

$$\frac{\pi}{2} - \alpha + \varepsilon = \theta_1$$

De même, on peut relier l'ouverture numérique d'entrée ON1 à l'ouverture numérique de sortie ON2 par :

$$n_1 \sin \theta_1 = \text{ON}_1 = \frac{d_2}{d_1} n_2 \sin \theta_2 = \frac{d_2}{d_1} \text{ON}_2$$

avec  $n_1$  et  $n_2$  indices des milieux d'entrée et de sortie du cône, et  $d_1$  et  $d_2$  les diamètres du coeur en entrée et en sortie du cône.

On considère alors diverses configurations de couplage entre la source 1 et la fibre de transmission 2, en utilisant une fibre intermédiaire de forme conique comme décrite précédemment, ou une fibre de forme cylindrique.

Pour une source émettrice 1 standard de 200  $\mu\text{m}$  de surface active, la fibre de transmission 2 peut avoir un diamètre de coeur de 200  $\mu\text{m}$  ou 400  $\mu\text{m}$ . Les figures 3 à 7 indiquent les possibilités de couplage source/fibre de transmission.

Dans les cas considérés aux figures 3 et 5, l'emploi d'une fibre intermédiaire droite impose des tolérances serrées au couplage source/fibre

intermédiaire, et aux figures 3 et 6 au couplage intermédiaire/fibre de transmission.

Il est connu d'utiliser le montage illustré à la figure 3 pour les transmissions avec des fibres par exemple de 200  $\mu\text{m}$  de diamètre de coeur.

5 Dans ce cas, le diamètre de coeur de la fibre intermédiaire est de 180  $\mu\text{m}$ .

Il est connu d'utiliser le montage illustré à la figure 6 pour les transmissions avec des fibres par exemple de 400  $\mu\text{m}$  de diamètre de coeur.

10 Dans ce cas, le diamètre de coeur de la fibre intermédiaire peut être de 350  $\mu\text{m}$ , ce qui élargit les tolérances de positionnement au niveau source/fibre intermédiaire par rapport à la figure 4 et au niveau fibre intermédiaire/fibre de transmission comme à la figure 5.

Du point de vue mécanique, l'emploi d'une micro-optique conique permet :

15 - dans le cas de la figure 4 (utilisation avec une fibre de diamètre de coeur voisin de celui de la diode) d'augmenter notablement les tolérances de positionnement au niveau fibre intermédiaire/fibre de transmission, c'est à dire au niveau critique du connecteur détachable. Les autres tolérances sont inchangées ;

20 - dans le cas de la figure 7, d'avoir des tolérances de positionnement identiques aux solutions classiques, des figures 3 ou 5, pour le couplage avec la source et pour le couplage avec la fibre de transmission.

D'un point de vue énergétique, le couplage entre l'émetteur et la fibre de transmission a été calculé dans le cas particulier des fibres à échelon d'indice, à titre non limitatif, avec les hypothèses suivantes :

25 - la perte  $\alpha$  à la connexion C entre deux fibres à échelon d'indice de diamètre  $d_1$  et  $d_2$ , si  $d_1$  diamètre du coeur de la fibre "émettrice" est plus grand que  $d_2$  diamètre du coeur de la fibre "réceptrice", varie en  $(d_2/d_1)^2$ , soit en décibels :

30 
$$\alpha = 20 \text{ Log } \frac{d_1}{d_2}$$

- la perte  $\alpha$  à la connexion C entre deux fibre à échelon d'indice d'ouverture numérique ON1 et ON2, si ON1 celle de la fibre "émettrice" est plus grande que celle ON2 de la fibre "réceptrice", varie en  $(\text{ON2}/\text{ON1})^2$ ,



soit en décibels :

$$\alpha = 20 \text{ Log } \frac{ON_1}{ON_2}$$

5 Il s'agit d'approximations qui donnent ici des ordres de grandeur conformes aux résultats expérimentaux. D'autre part, on ne tient pas compte des pertes par réflexions et on suppose les éléments coaxiaux sauf dans le cas de la figure 4 où il ne devront n'être qu'en regard.

10 Soit une micro-optique de couplage de forme conique avec en entrée une diode de diamètre de surface active  $d_D$ , une fibre en entrée de diamètre de cœur  $D_{EC}$ , une ouverture numérique  $ON_{EC}$  et en sortie un diamètre de cœur  $D_{SC}$  et une ouverture numérique  $ON_{SC}$ , soit une fibre de transmission de diamètre de cœur  $D_{FT}$  et d'ouverture angulaire  $ON_{FT}$ .

Si  $D_{EC}$  est supérieur ou égal à  $d_D$ ,  $P_E$  est la puissance totale émise, la puissance couplée  $P_C$  dans le cône vaut :

15 
$$P_C = P_E \times ON_{EC}^2$$

cette relation est d'ailleurs valable pour une fibre intermédiaire non conique mais en utilisant une source à rayonnement lambertien tel qu'une diode photoémissive et non un laser.

20 En général, pour coupler le maximum d'énergie dans la fibre de transmission on cherche à avoir la relation :

$$ON_{SC} = ON_{EC} \times \frac{D_{EC}}{D_{SC}} \geq ON_{FT} \text{ et } D_{EC} \text{ voisin du diamètre de la diode } d_D.$$

25 Dans ce cas, si le diamètre du cœur en sortie de cône soit  $D_{SC}$  est inférieur ou égal à celui  $D_{FT}$  de la fibre de transmission, la puissance optique couplée dans celle-ci vaut :

$$P_{FT} = P_E \times ON_{FT}^2 \times \left( \frac{D_{SC}}{D_{EC}} \right)^2$$

30 L'utilisation d'un cône comme illustré à la figure 7 se traduit donc par un

gain dans le rapport  $\left( \frac{D_{SC}}{D_{EC}} \right)^2$  par rapport au couplage direct du type de la figure 3.

Dans le cas de la figure 8 :

$$P_{FT} \approx P_E \times ON_{FT}^2 \left( \frac{D_{FT}}{D_{EC}} \right)^2$$

- 5 Il est ainsi intéressant de noter que si le diamètre du coeur de la fibre de transmission est au moins égal au diamètre du coeur du cône à son entrée, donc à celui de la diode, par rapport au couplage direct au type de la figure 3, la valeur de  $P_{FT}$  est au moins équivalente.

- 10 De plus avec les surfaces  $S_D$  surface de la source et  $S_{EC}$  surface d'entrée du cône, on peut prendre  $S_{EC} > S_D$  pour tenir compte des imprécisions de positionnement du cône par rapport à la source.

- 15 Pour une configuration où comme représenté à la figure 7 le diamètre de la source  $d_D$  est plus petit que le diamètre du coeur de la fibre de transmission  $D_{FT}$  on obtient un gain au couplage. En utilisant une micro-optique intermédiaire, comme représenté à la figure 7, pour un rapport 2 entre  $D_{EC}$  et  $D_{FT}$ , le gain théorique au couplage source/fibre de transmission, par rapport à une fibre intermédiaire droite est de 6 dB. Expérimentalement, on obtient de 4,8 à 5,3 dB. Pour une configuration où comme représenté à la figure 4 les deux diamètres sont équivalents on obtient à un
- 20 élargissement des tolérances à la connexion en sortie d'embase. Ce dernier dispositif représente le dispositif de l'invention où la fibre de transmission 2 et l'ensemble source 1 - fibre intermédiaire 3 peuvent ne pas être coaxiaux.

- 25 L'allure de l'évolution du signal couplé dans une fibre de transmission en fonction du mésalignement axial est donnée à la figure 9 si la fibre intermédiaire est droite, à la figure 10 si la fibre intermédiaire est conique.

Dans le premier cas, on provoque une perte de 10 % du signal par un mésalignement de  $\pm 35 \mu m$ . Dans le second cas, cette tolérance atteint  $\pm 90 \mu m$ .

- 30 Dans le cas considéré à la figure 9 la fibre intermédiaire a un diamètre de coeur de  $200 \mu m$  et dans le cas considéré à la figure 10 la fibre intermédiaire à deux diamètres de coeur d'entrée et de sortie de  $200 \mu m$  et  $350 \mu m$ .

Il est donc possible de réaliser une embase émettrice compatible avec des fibres de  $200 \mu m$  de diamètre de coeur, avec dans ce cas des tolérances

- à la connexion moindres, et des fibres de 400  $\mu\text{m}$  de diamètre de coeur, avec dans le cas la possibilité d'un gain au couplage voisin de 5 dB. Pour cela, il conviendra de remplacer les monofibres intermédiaires droites par une fibre intermédiaire conique 200  $\mu\text{m}$ /350  $\mu\text{m}$ . Il sera toujours possible d'adapter les
- 5 caractéristiques du cône pour réaliser un compromis entre le couplage et les possibilités de la mécanique, par exemple en augmentant son diamètre d'entrée pour élargir les tolérances de positionnement au niveau source/fibre conique.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de couplage entre une source lumineuse à rayonnement divergent et une fibre optique de transmission comprenant un composant optique intermédiaire discret, ce composant optique intermédiaire étant un cône (3) dont la face plane de plus petite surface est en regard avec la face d'émission de la source (1) et l'autre face avec la face d'entrée de la fibre de transmission (2), cette source (1) et ce cône (3) étant fixés sur un support de positionnement pour former une embase émettrice, la surface d'émission de la source lumineuse (1), la surface de la face d'entrée du cône (3), et la surface de la face d'entrée de la fibre de transmission (2) étant des surfaces sensiblement égales, caractérisé en ce que la surface de la face de sortie du cône (3) a une valeur supérieure à celle de la surface de la face d'entrée de la fibre de transmission (2), ce qui permet d'élargir ainsi les tolérances à la connexion.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le cône (3) est un élément de fibre optique conique.

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le cône (3) est un cône aux parois comportant un traitement réfléchissant.

4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la source lumineuse (1) est une diode électroluminescente.

FIG.1

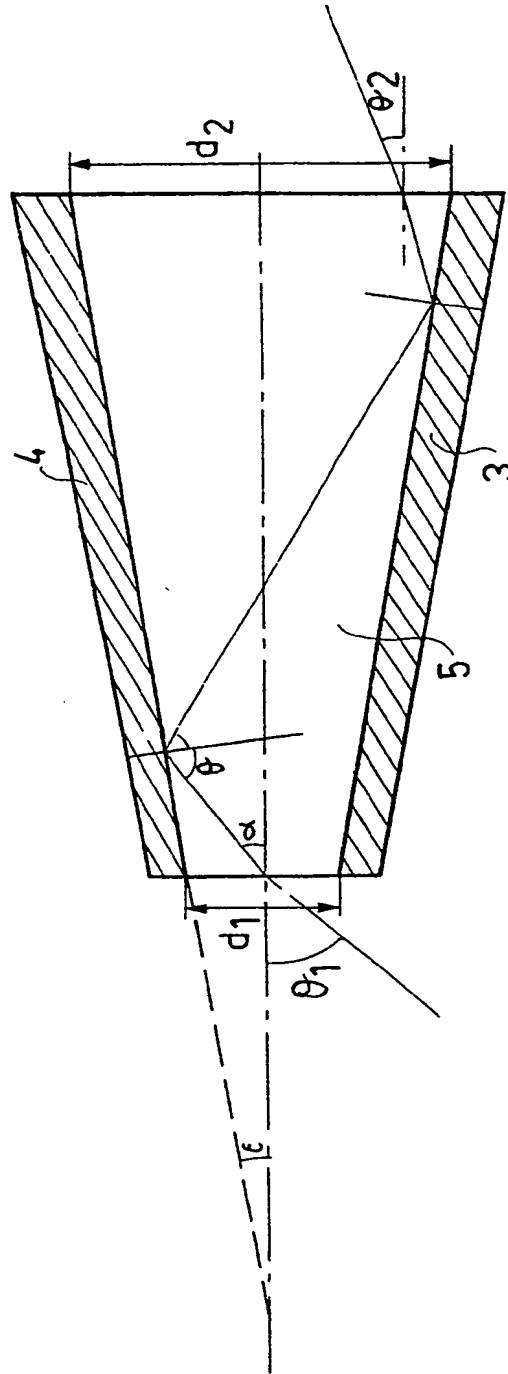
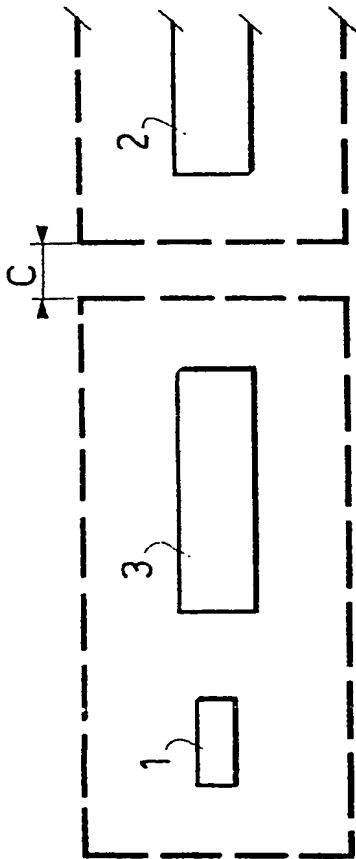


FIG.2

FIG. 3

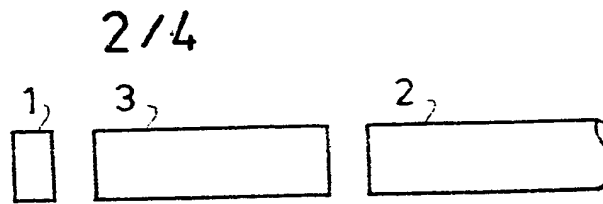


FIG. 4



FIG. 5

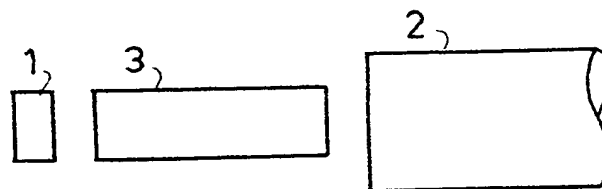


FIG. 6

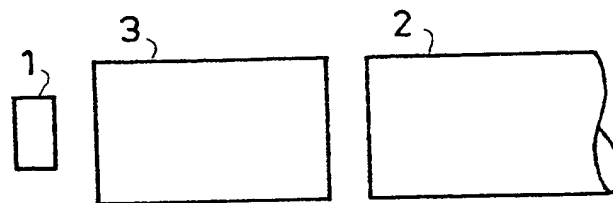


FIG. 7

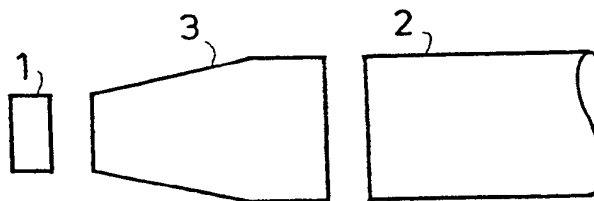
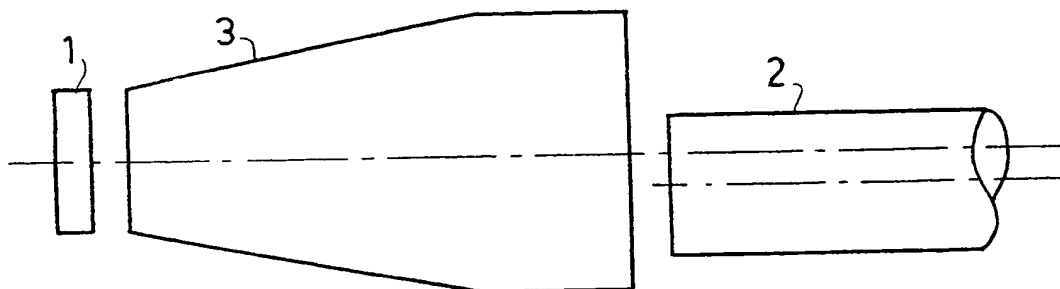


FIG. 8



3/4

FIG. 9

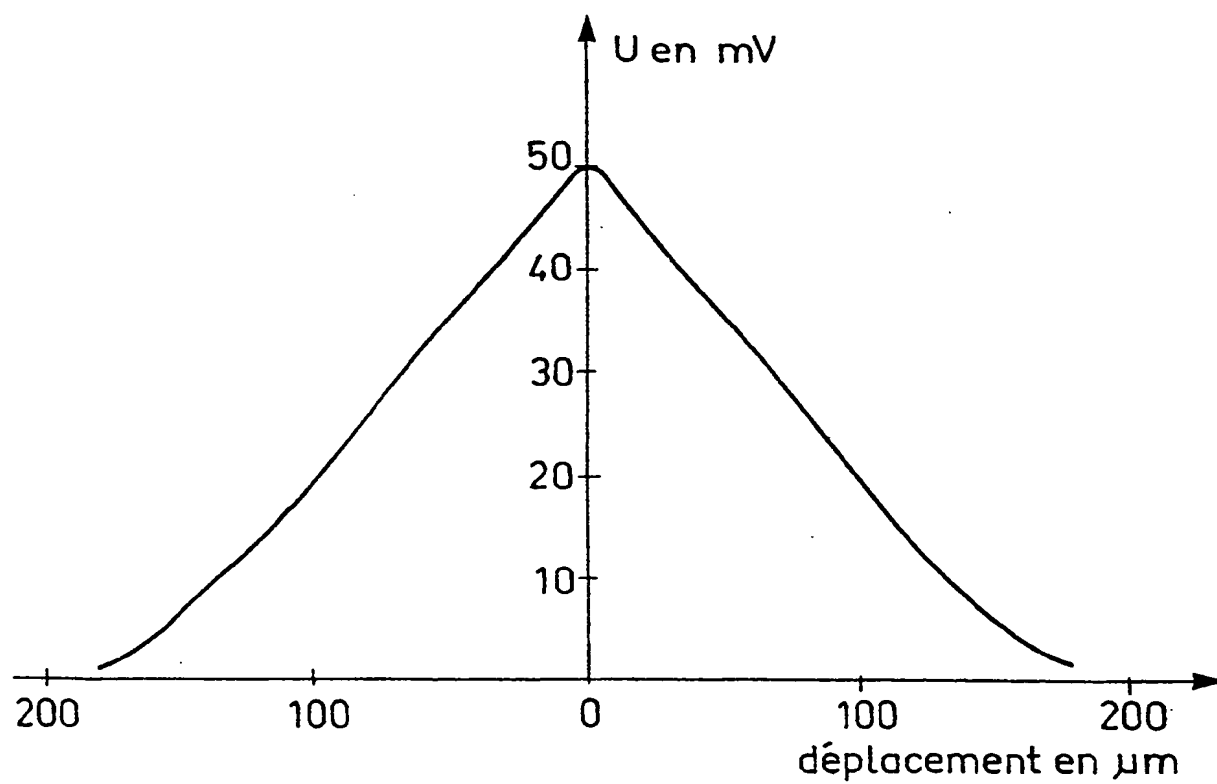
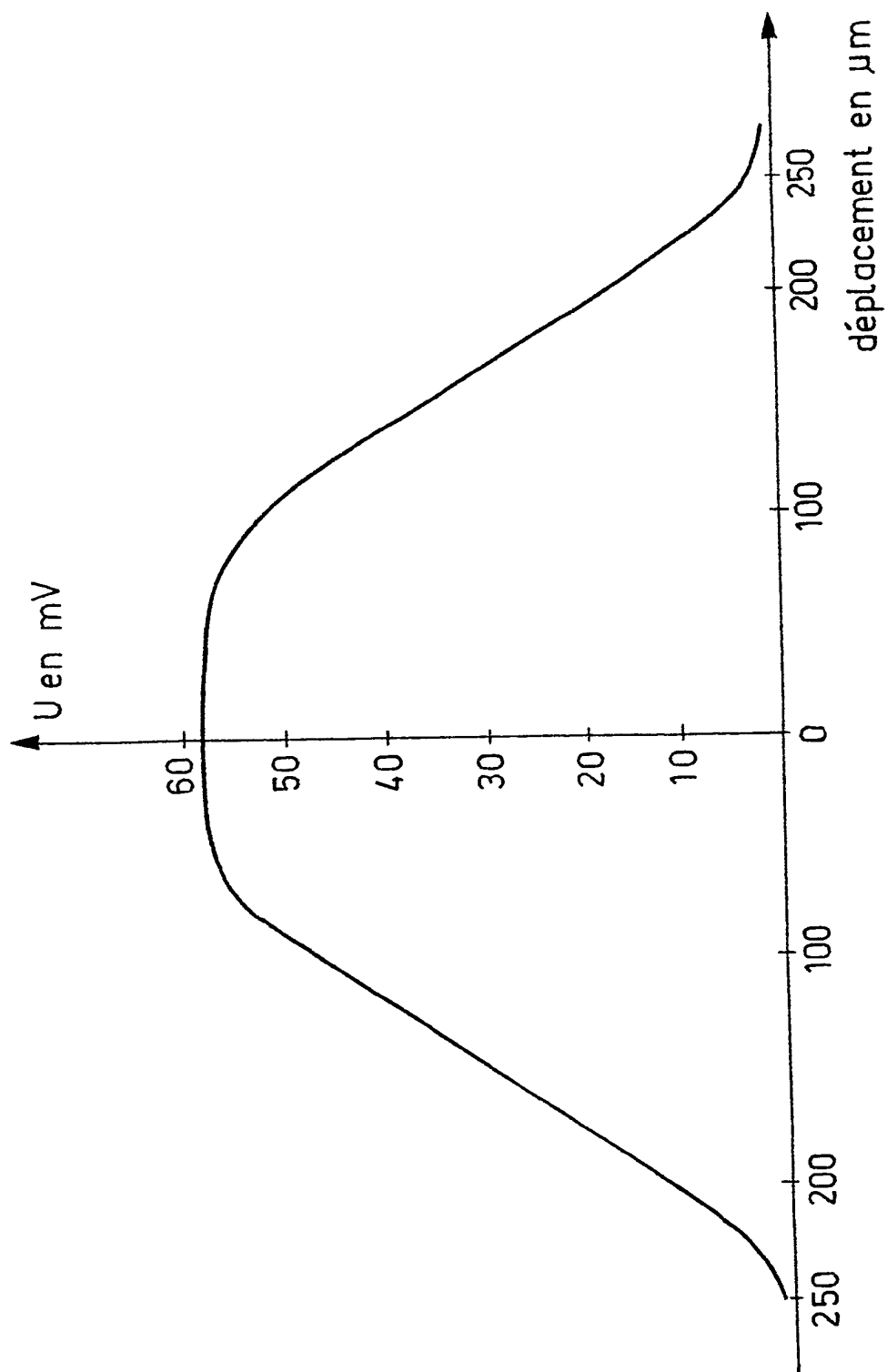


FIG. 10







Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0033527

Numero de la demande

EP 82 40 2344

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 3)
X	DE-A-2 805 358 (AEG) * Revendication 1; figure *	1, 4	G 02 B 7/26
X	FR-A-2 178 173 (CORNING GLAS) * Revendications 1, 2, 3, 4, 9; figures 2, 5, 7, 10 *	1, 3, 4	
A	FR-A-1 301 972 (A.O.C.) * Résumé; figures *	2	
A	DE-A-2 554 705 (R. BOSCH) * Revendications; figures *	1	
A	FR-A-1 543 165 (P. MALIFAUD) * Résumé *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3)
			G 02 B 7/26
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 08-04-1983	Examineur PFAHLER R.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

OEI-orm 1503 03 82

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**